

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-218321

(43) 公開日 平成9年(1997)8月19日

(51) Int. Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
G 0 2 B	6/30		G 0 2 B	6/30
	6/12			6/12
	6/13			N
				M

審査請求 未請求 請求項の数13 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-26888

(22) 出願日 平成8年(1996)2月14日

(71) 出願人 000005223

富士通株式会社

神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号

(72) 発明者 吉村 徹三

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

(72) 発明者 外山 弥

神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地

富士通株式会社内

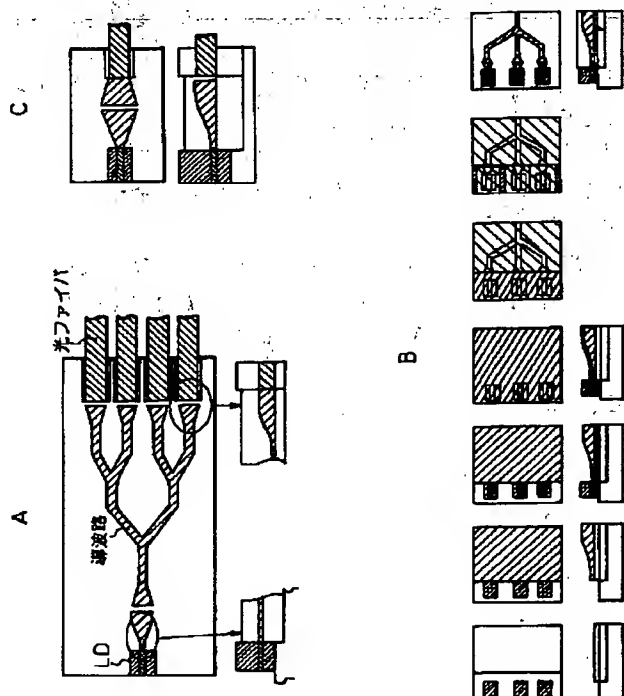
(74) 代理人 弁理士 石田 敬 (外2名)

(54) 【発明の名称】 光デバイスと光導波路の集積法

(57) 【要約】

【課題】 光デバイスと光導波路とを集積するための簡便な技術およびLDや光導波路と光ファイバとの間の簡便な光結合法を提供する。

【解決手段】 基体上に光デバイスを搭載した後、前記基体上に屈折率分布パターンおよび／または導波路パターンを形成することを含む、光デバイスと光導波路の集積法。



BEST AVAILABLE COPY

【特許請求の範囲】

【請求項1】 基体上に光デバイスを搭載した後、前記基体上に屈折率分布パターンおよび／または導波路パターンを形成することを含む、光デバイスと光導波路の集積法。

【請求項2】 導波路厚さを所定の位置においてなだらかに変化させる、請求項1記載の方法。

【請求項3】 屈折率分布パターンおよび／または導波路パターンの形成操作を2回以上に分割して行う、請求項1記載の方法。

【請求項4】 屈折率分布パターンおよび／または導波路パターンの形成操作のうちの少なくとも1回は、搭載された光デバイスの位置判別マークを基準に位置合わせを行い、パターンを形成する操作を含む、請求項3記載の方法。

【請求項5】 分割された導波路部分の境界付近において、導波路パターンの少なくとも1の部分が他の部分よりもなだらかに広がるように形成される、請求項3記載の方法。

【請求項6】 分割された屈折率分布パターンおよび／または導波路部分の境界部に間隔を設け、導波路パターンの形成後に、前記間隔部を含む領域に光屈折率材料または光硬化性材料からなる感光性物質を施し、屈折率分布パターンおよび／または光導波路の両側または片側から前記感光性物質が感光する波長の光を出射させて光結合路を形成させる、請求項3記載の方法。

【請求項7】 導波路の一方に光ファイバが配置される、請求項1～6のいずれかに記載の方法。

【請求項8】 導波路がポリマまたはガラスからなる、請求項1記載の方法。

【請求項9】 導波路が感光性物質からなる、請求項1記載の方法。

【請求項10】 導波路コア層の形成時に厚さの変化を生じさせる、請求項2記載の方法。

【請求項11】 先ず導波路コア層の下部層に厚さの変化を生じさせ、その上に導波路コア層を形成する、請求項2記載の方法。

【請求項12】 基体上にマスクを設け、気相成長法またはスプレイ法により製膜することにより厚さの変化を生じさせる、請求項10または11記載の方法。

【請求項13】 マスクを時間の経過とともに移動させる、請求項12記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光デバイスと光導波路とを集積する方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 情報処理や通信の分野では、配線の光化が急激に進み、今後、光化された並列プロセッサ、光A TMやFiber to the Homeなどの光技

術の浸透が進展して行くことが予想される。この場合、導波路デバイスを始めとする各種光集積回路が必要となる。また、光ディスクやディスプレイなどの光関連機器においても、光集積回路の利用が有効である。

【0003】 かかる技術の実現には、光半導体を初めとする光デバイスと光導波路を集積化した光回路デバイスが必要となる。しかし、半導体デバイスと光導波路を同一ウエハ上に形成したモノリシック光集積回路は、導波路の形成に多大の時間を要すると共に、歩留まり、ウエハコストなどの面から実用的でない。また、ウエハサイズに限界があるため、大面積の光集積回路を実現することはできない。さらに、フレキシブル化も困難である。また、従来の代表的なガラス導波路光回路では、導波路形成後に光デバイスを搭載しているが、光デバイスは通常、LDに代表されるように、出射ビーム径が1 μ m程度と非常に小さいものが多いため、導波路との位置合わせに多大の工数を要するとともに、モードミスマッチによる結合損失が大きいという問題もある。

【0004】 また、LDや導波路と光ファイバとの間の光結合法に関しても、簡便にして、高い結合効率を与える方法は、未だ、実現されていない。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 本発明の目的は、光デバイス、特に半導体デバイスと光導波路とを集積するための簡便な技術を提供すること、およびLDや光導波路と光ファイバとの間の簡便な光結合法を提供することにある。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明は、上記課題を解決するため、基体上に光デバイスを搭載した後、前記基体上に屈折率分布パターンおよび／または導波路パターンを形成することを含む、光デバイスと光導波路の集積法を提供する。本発明によれば、基体上に光デバイスを搭載した後に屈折率分布パターンや光導波路パターンを形成することにより、光デバイスと光導波路との位置合わせを、フォトリソグラフィ技術により簡便かつ高精度に実現することができる。また、本発明においては、光導波路の幅をなだらかに変化させ、また露光を分割して行うことにより、結合ロスを低減することができ、さらに光導波路の厚さ方向にも変化を与えることにより、モードミスマッチによる結合ロスを低減することができる。

【0007】

【発明の実施の形態】 以下、添付図面を参照しながら、本発明を具体的に説明する。図1Aは本発明の方法により得られる光集積回路の一例を模式的に示す図であり、この回路はLDと分岐光導波路、およびさらに光ファイバを集積化したものである。LDと導波路との結合部付近においては導波路を2つに分割し、各部分の幅をそれらの境界部においてなだらかに広げるように形成し、導

3

波路間を結合している。また、分岐光導波路と光ファイバとの結合部分では、導波路をその幅がなだらかに広がりかつその厚さがなだらかに増加するように形成して、導波路と光ファイバとを結合している。

【0008】図1Bは、そのような回路の集積化のプロセスの一例を説明するための模式図である。図の左手から右手に向かい、プロセスの進行に従って各工程が示されている。第1工程において、まず、Si基板上に段差を設け、電極を形成した後、バッファ層を形成する。次の第2工程では、バッファ層上に、厚さを変化させながら、コア層を形成する。次に、電極上にハンダを用いてLDを搭載し(第3工程)、フォトリソを塗布する(第4工程)。この場合、段差の影響が少ないスプレイ塗布を行うのが有効である。また、この例では、光未照射部が残るタイプのレジストを用いた。

【0009】次いで、光回路部の導波路パターンを露光する(第5工程)。ここでは、段差の影響が少ない投影露光を用いるのが有利である。さらに、各LDのマーカに合せて、LDの光出射端に接続する導波路パターンを露光する(第6工程)。ここでも、段差の影響が少ない投影露光を用いるのが有利である。そして、最後に、RIEにより導波路を形成後、レジストを剥離し、次いでバッファ層をコーティングする(第7工程)。このコーティングには、スプレイコーティング、ディップコーティング、スピンコーティングなどを用いることができる。

【0010】上記プロセスでは導波路層の形成後にLDを搭載したが、LD搭載後に導波路層を形成してもよい。その他にも、種々の変形が可能である。かかるプロセスを採用することにより、以下のことが実現される。
1. 通常のパターン露光により、LDの光出射端につながる導波路の位置決め精度を $1\mu\text{m}$ 以下にすることができる。導波路の形成後にLDを搭載する場合、同等の精度を実現するためには膨大な工数を要し、現実的ではない。たて方向の位置合わせは、ハンダやバッファ層の厚さを制御することにより、容易に $1\mu\text{m}$ 以下の精度で実現できる。

【0011】2. 光回路部とLD光出射端に接続する導波路を分離することにより、それらの境界部で各光デバイス間の位置ずれを吸収することができる。位置ずれトランスを上げるために、境界部では導波路幅を拡げるのがよい。また、損失の増加を防ぐために、幅の拡大をなだらかに行うのがよい。また、境界部は、必ずしもギャップをあける必要はなく、オーバーラップ露光でつなげてよい。

【0012】3. LDにマッチングさせたコア厚さのままでは、ファイバとのスポットサイズにミスマッチを生じる。そこで、導波路の途中で厚さをなだらかに変化させ、ファイバとの接続端において、ファイバのスポットサイズに近づけることができる。さらに、導波路幅につ

4

いてもなだらかな変化をつけることにより、ファイバのスポットサイズに近づけることができる。

【0013】4. さらに、図1Cに示す如く、光回路部を配置せずに、LDから光ファイバへの接続を行う場合にも上記と同様のプロセスを用いることが可能である。図2Aは、光集積回路の他の例を模式的に示す図である。この回路は、図1Aに示したものとほぼ同様の構成を有するが、分岐光導波路と光ファイバとの結合部分における導波路の厚さの変化の形態においてやや異なっている。

【0014】図2Bは、そのような回路集積化のプロセスの一例を説明するための模式図である。図1Bと同様に、図の左手から右手に向かって各工程が進行する。第1工程において、まず、Si基板上に段差を設け、電極を形成した後、厚さを変化させながらバッファ層を形成する。そして、次の第2工程では、バッファ層上に、コア層を形成する。この場合、下地のバッファ層の厚さに変化があるため、コア層にも厚さの変化が生じる。

【0015】次いで、図1Bについて説明したと全く同様にして、第3～第7工程を順次実施する。上記プロセスでは導波路層の形成後にLDを搭載したが、LD搭載後に導波路層を形成してもよい。その他にも、種々の変形が可能である。かかるプロセスを採用することにより、上記1～3に説明したのと同じ利点が得られ、また上記4に説明したのと同様に、図2Cに示す如く、光回路部を配置せずに、LDから光ファイバへの接続を行う場合にも同様のプロセスを用いることが可能である。

【0016】導波路の形成には、フッ素化ポリイミドなどの高透明度の高耐熱性ポリマや石英その他のガラス材料などを用いることができる。下地バッファ層の材料には同種の材料を用いてもよいし、有機および/または無機のハイブリッドにしてもよい。下地バッファ層と導波路層は高温プロセスを通すことも可能である(これらの層をLD搭載前に形成した場合)が、LD装着用ハンダを融解させないように、上部バッファ層は $200\sim 400^\circ\text{C}$ 以下のプロセスで形成されることが望ましい。

【0017】製膜法としては、ポリマ系では、例えば、スピンコーティング、ディップコーティング、スプレイコーティングや、さらに蒸着重合法、CVDなどの気相成長法を用いることができる。ガラス系では、スパッタリング、蒸着、CVD、イオンプレーティングなどを用いることができ、ゾルゲル法を使用する場合はスピンコーティング、ディップコーティング、スプレイコーティング法などを使用することができる。

【0018】図3A～3Cおよび図4A～4Cは、フォトポリマまたはフォトガラス(光照射により屈折率が変化するポリマまたはガラス、または光照射により硬化または溶解性になるポリマまたはガラス)を用いる例を説明する図であり、それぞれ、図1A～1Cもしくは図2A～2Cに対応する。ここで、図3Bおよび図4Bのブ

プロセスを説明するが、フォトポリマを用いてもフォトガラスを用いてもプロセスは同様であるので、以下ではフォトポリマを用いる場合を例にとり、説明する。

【0019】図3Bのプロセスでは、第1工程において、まず、Si基板上に段差を設け、電極を形成した後、バッファ層を形成する。そして、次の第2工程では、電極上にハンダを用いてLDを搭載する。次に、バッファ層上に、厚さを変化させながら、コア層を形成する(第3工程)。この場合、段差の影響が少ないスプレイ塗布を行うのが有効である。また、この例では、照射部が導波路チャネルとなるようなポリマを用いた。

【0020】次いで、光回路部の導波路パターンを露光する(第4工程)。ここでは、段差の影響が少ない投影露光を用いるのが有利である。さらに、各LDのマーカに合わせて、LDの光出射端に接続する導波路パターンを露光する(第5工程)。ここでも、段差の影響が少ない投影露光を用いるのが有利である。そして、最後に、バッファ層をコーティングする(第6工程)。このコーティングには、スプレイコーティング、ディップコーティング、スピニングなどを用いることができる。

【0021】上記プロセスにおいても、種々の変形が可能である。かかるプロセスを採用することにより、前記1~3に説明したのと同じ利点が得られ、また前記4に説明したのと同様に、図3Cに示す如く、光回路部を配置せずに、LDから光ファイバへの接続を行う場合にも同様のプロセスを用いることが可能である。

【0022】図4Bのプロセスでは、第1工程において、まず、Si基板上に段差を設け、電極を形成した後、厚さを変化させながらバッファ層を形成する。そして、次の第2工程では、電極上にハンダを用いてLDを搭載する。次に、バッファ層上に、コア層を形成する(第3工程)。この場合、下地のバッファ層の厚さに変化があるため、コア層にも厚さの変化が生じる。このコア層の形成には、スプレイコーティング、ディップコーティング、スピニングなどを用いることができる。

【0023】次いで、図3Bについて説明したと全く同様にして、第4~第6工程を順次実施する。上記プロセスにおいても、種々の変形が可能である。かかるプロセスを採用することにより、前記1~3に説明したのと同じ利点が得られ、また前記4に説明したのと同様に、図4Cに示す如く、光回路部を配置せずに、LDから光ファイバへの接続を行う場合にも同様のプロセスを用いることが可能である。

【0024】導波路の形成に用いるフォトポリマとしては、例えば、アクリル系、エポキシ系のポリマが一般的であるが、高耐熱性材料として感光性ポリイミド、ベンゾシクロブテンなどもある。さらに、1.3 μ mおよび1.5 μ m帯のLD光の透過率を向上させるために、フ

ッ素化物を用いることもできる。フォトガラスとしては、例えば、SiとGeを含むガラス材料、市販の感光性ガラス材料などを用いることができる。

【0025】下側バッファ層の材料には、導波路用の材料と同種の材料を用いてもよいし、フッ素化ポリイミドなどの高透明度の高耐熱性ポリマ、石英その他のガラス材料などを用いてもよい。また、有機および/または無機のハイブリッドにしてもよい。下側バッファ層は高温プロセスを通すことも可能である(これをLD搭載前に形成した場合)が、LD装着用ハンダを融解させないように、上部バッファ層は200~400℃以下のプロセスで形成されることが望ましい。

【0026】製膜法としては、ポリマ系では、例えば、スピンコーティング、ディップコーティング、スプレイコーティングや、さらに蒸着重合法、CVDなどの気相成長法を用いることができる。ガラス系では、スパッタリング、蒸着、CVD、イオンプレーティングなどを用いることができ、ゾルゲル法を使用する場合はスピンコーティング、ディップコーティング、スプレイコーティング法などを使用することができる。

【0027】上記においては、光導波路とLDの集積化について説明してきたが、本発明では、これに限定されることなく、同様にして、導波路と光変調器、光スイッチ、波長変換器、波長フィルタなどの各種の光デバイスとの集積化を行うこともできる。例えば、図5Cは、LDと光変調器とを集積化した例を示す模式図である。この集積回路は、アクティブ光コネクタやアクティブ光回路シート、光MCMなどの簡便で、低コストな光トランスミッタとして有用である。図5Dは、発振波長の異なるLDを集積化した例を示す模式図である。これは、波長多重通信用の光トランスミッタとして有用である。また、かかる集積化の手法は、図1C、2C、3Cおよび4Cにも示したような、LDとファイバの結合にも適用できる。

【0028】以上の例においては、導波路パターンについて説明してきたが、導波路に限らず、レンズ、プリズム、グレーティング、ピンホール、ミラー、スリット、ホログラムなどの任意の屈折率分布パターンを形成し、使用することもできる。図5Aおよび5Bには、導波路間の位置ずれ補正を行うための他の例が示されている。これらの例では、導波路と導波路の間や導波路とファイバの間などにフォトポリマまたはフォトガラスを設け、ここにファイバまたは導波路から(どちらか一方でもよいが、好ましくは両方から)前記材料が感度を持つ波長の光を出射させる。これにより両者を結ぶ結合路が形成され、両者の間の結合効率を一層高めることができる。また、光導波路に蛍光性を持たせることにより、導波路に蛍光励起光を照射するだけで、導波路から書込み光を出射させることもできる。また、LDがつながっている場合には、これをLDからの書込み光にすることも可能

7

である。

【0029】図6に、層厚を変化させながら、層を成長させる手法の例を示した。例えば、パツファ層が形成された基体上にマスクを配置し、気相成長またはスプレイ法により製膜することにより得られる層に厚さの変化を生じさせる。ここで、さらに変化部分のテーパ状態の制御性を向上させるためにはマスクを時間の経過とともに移動させることが有効となる。この場合、薄い側の膜厚制御性を向上させるために、先ず特定の膜厚の層を均一に形成した後、マスクを配置し、次いで上記の製膜を行

ってもよい。

【0030】

【発明の効果】以上にのべたように、本発明により、光デバイス（特に半導体デバイス）と光導波路の簡便な集積化技術、およびLDや導波路とファイバの間の簡便な

8

光結合技術を実現することができ、低コスト、高機能、大面積、フレキシブルなどの特徴を持つ光集積回路を得ることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一例を説明するための模式図。

【図2】本発明の他の例を説明するための模式図。

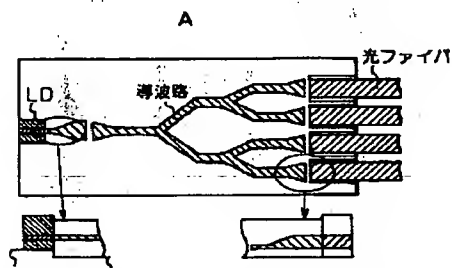
【図3】本発明のさらに他の例を説明するための模式図。

【図4】本発明のさらに他の例を説明するための模式図。

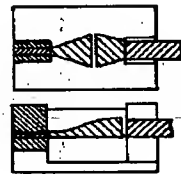
【図5】本発明のさらに他の例を説明するための模式図。

【図6】本発明の方法において、厚さを変化させながら層を形成させる手法の一例を説明するための模式図。

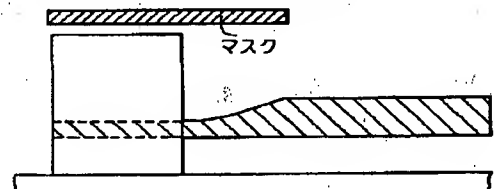
【図1】



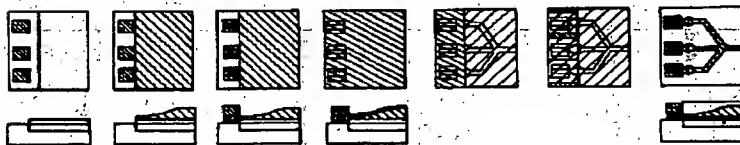
C



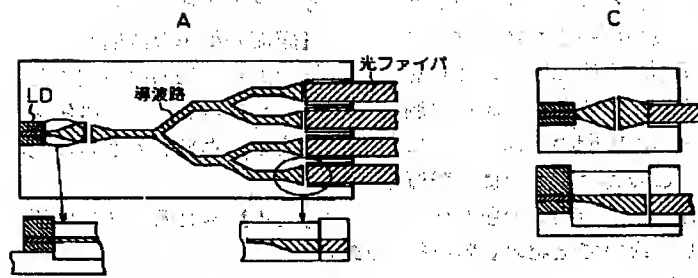
【図6】



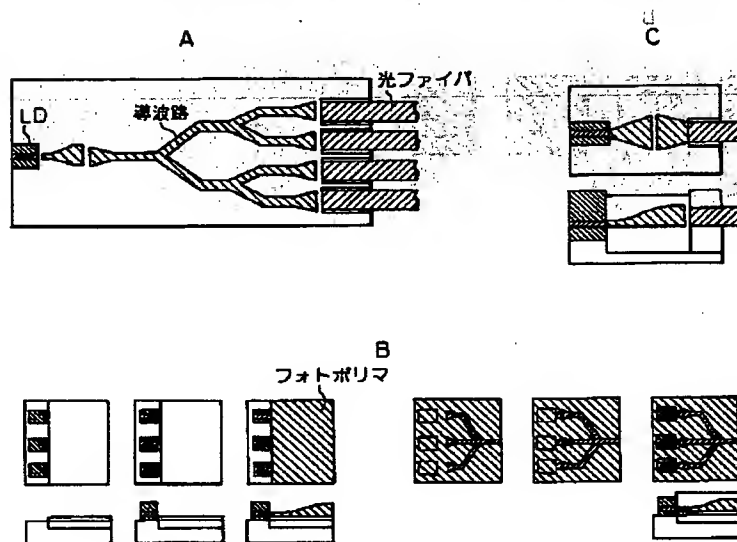
B



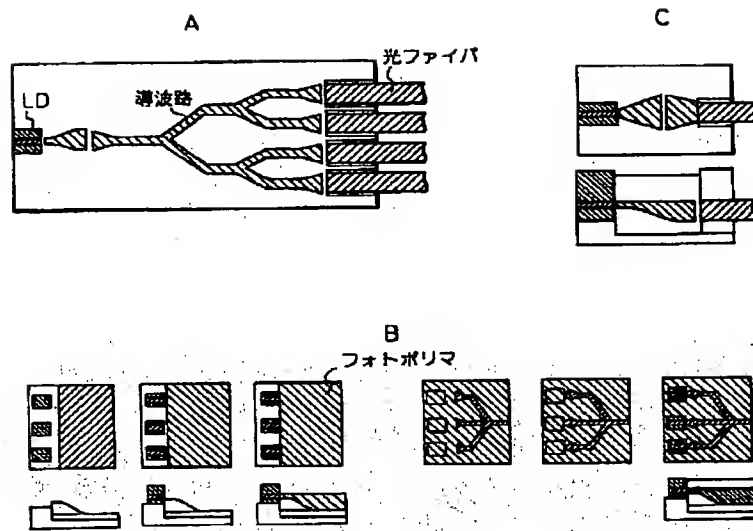
【図2】



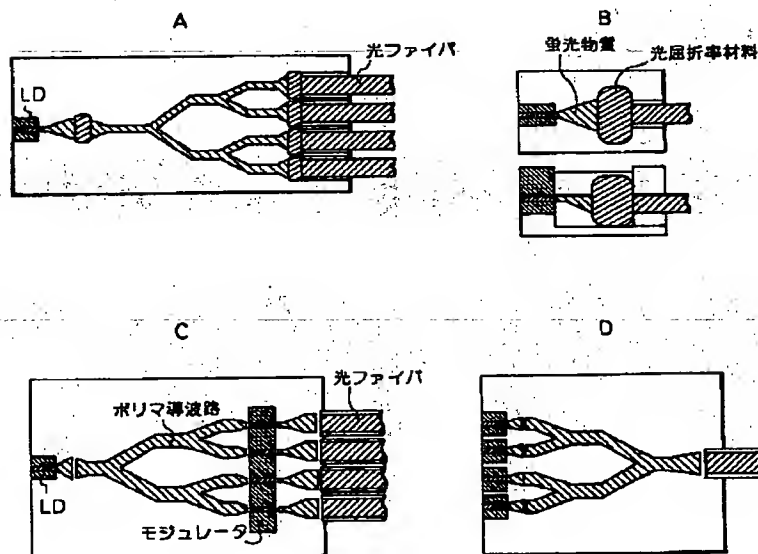
【図3】



【図4】



【図5】



THIS PAGE BLANK (USPTO)